



مجمع المهندسين الملكيين المصريين

النشرة الخامسة من السنة الرابعة عشرة

١١٨

محاضرة

عن شبكة ترام القاهرة

ألقاها

الأستاذ محمد سعيد محمود
مدير أعمال بمصلحة التجارى

أقيمت بجمعية المهندسين الملكيين المصريين

بتاريخ ٢٢ فبراير سنة ١٩٣٤

مطبعة الاعيتما وشارع حسن الاكرهنا جوامعهم وانشؤى

الجمعية ليست مسئولة عما جاء بهذه الصحائف من البيان والآراء

تنشر الجمعية على أعضائها هذه الصحائف للنقد وكل نقد يرسل للجمعية يجب
أن يكتب بوضوح وترفق به الرسومات اللازمة بالخبر الأسود (شينى) ويرسل
برسما .

ESEN-CPS-BK-0000000289-ESE

00426375



جمعية المهندسين الملكية المصرية

النشرة الخامسة من السنة الرابعة عشرة

١١٨

محاضرة

شبكة ترام القاهرة

ألقاها

الاستاذ محمد سعيد محمود
مدير أعمال مصلحة المجارى

ألقيت بجمعية المهندسين الملكية المصرية

بتاريخ ٢٢ فبراير سنة ١٩٣٤

شبكة ترام القاهرة

معالي الرئيس . سادق :

طلب إلى أن ألقى محاضرة عن ظاهرة التحلل والتآكل الكهربائي للمواسير المعدنية الموضوعة في شوارع القاهرة كنتيجة لمرور خطوط الترام بها وهي الظاهرة المسماة (Electrolyse) ولما كانت شبكة ترام القاهرة نفسها تحت التجديد والتغيير الآن فقد عنى أن أتهز الفرصة لايضاح ما تجريه شركة الترام بين ظهرانينا في مدينة القاهرة من تلك الأعمال سيما وأن لها ارتباط وثيق بظاهرة الأليكتروليز ولذا كان موضوع المحاضرة «شبكة ترام القاهرة : تطورها وأثرها في تحلل المواسير المعدنية» .
والـ Electrolyse ظاهرة خطيرة المدى نظراً لأن المواسير المعدنية المختلفة المدفونة في شوارع القاهرة ذات أهمية كبيرة في توفير الراحة والصحة للسكان إذ من بينها ما كان خاصاً بشبكة توزيع المياه وغاز الاستصباح للمساكن ومنها ما كان خاصاً بأعمال المجارى ومنها غلافات الكابلات الناقلة للكهرباء مما ينبغى معه اتخاذ الاحتياطات الفنية لحماية تلك المواسير والغلافات المعدنية..

والتآكل بفعل الكهرباء وتعبير أدق تحلل المواد بفعل الكهرباء
مر ليس بمجهول فتمرير تيار كهربائي من النوع المستمر في موصلين
كهربائيين مغمورين في محلول معين يحدث تحللاً كيميائياً فيه يزيد مقداره
كلما زادت كمية الكهرباء التي تحترق السائل وفي الوقت عينه لا يبدأ
التفاعل في الحدوث إلا إذا وصل فرق الضغط الكهربائي بين الموصلين
المغمورين في المحلول إلى مقدار معين والمواد التي يتحلل إليها السائل
تهاجم بدورها أحد الموصلين الكهربائيين وتنقل أحد عناصره إلى الموصل
الآخر .

ونذكر على سبيل المثل أنه من الوجهة النظرية يكفي تمرير تيار
قدره أمبير واحد لمدة ساعة ليحدث تآكل في القطب الموجب المعدني
مقداره ٦٩٧ر . جراماً لو كان ذلك القطب من الحديد ليتحول إلى أكسيد
و ٣٨٥٨ر جراماً لو كان من الرصاص و ٢٣٥٥ر جراماً لو كان من
النحاس الخ .

على ضوء هذا الايضاح الموجز يمكن معرفة كيفية حدوث تآكل
المواسير المعدنية الموضوعة في شوارع القاهرة فلو أنه حدث فرق في
الضغط الكهربائي بينها وبين قضبان الترام سمح بهروب التيار من القضبان
إلى المواسير وبالعكس ومع وجود المواسير في تربة تحوى أملاحاً ملائمة
لأحداث عملية التحليل الكيماوى للحديد لأمكن لهذه التيارات أن تحدث
التآكل أما في قضبان الترام نفسها ان كان التيار يمر منها إلى المواسير
أو في المواسير إن كان التيار يمر منها إلى قضبان الترام .

ولكن هل يوجد فرق في الضغط الكهربائى بين القضبان والمواسير وهل التيار الذى يمر بينهما من النوع المستمر وان كان ذلك فما مقداره وما هى الطرق التى تتخذ لمعالجة أثره . والرد على هذه الأسئلة يستلزم أولاً ألاماً موجزاً بكيفية تشغيل شبكة ترام القاهرة وهو ما سنورده فيما يلى :
سنقتصر فى الوصف الحالى على حالة شبكة ترام القاهرة قبل سنة ١٩٢٩ إذ بعد ذلك التاريخ بدأت تلك الشبكة فى التطور وما زالت أعمال التغيير فيها جارية إلى الآن كما سيأتى ذكره .

كانت شبكة ترام القاهرة تغذى بالتيار الكهربائى اللازم لها من محطة توليد الكهرباء الواقعة بشارع ساحل الغلال وتبلغ القوة الكلية لتلك المحطة حوالى ٦٧٠٠ كيلواط موزعة على أربع مجموعات ثلاثة قوة كل منها ١٥٠٠ كيلواط والرابعة قوتها ٢٢٠٠ كيلواط وكل مجموعة مكونة من ترين بخارية تدير مولداً للتيار المستمر ضغطه الكهربائى ٥٥٠ فلتاً وهناك ثلاث مراحل يتخطاها التيار بعد توليده فى المحطة لتشغيل خطوط الترام .

فالمحلة الأولى هى نقل التيار إلى خطوط تغذية القاطرات (أى خطوط الترولى) على ضغط كهربائى لا يقل كثيراً عن ٥٥٠ فلتاً ويتم ذلك من القطب الموجب للمحطة بواسطة كابلات مسلحة كبيرة القطع موضوعة تحمى الأرض وتتشعب فى شوارع القاهرة لتغذية الشبكة الهوائية لخطوط الترام المختلفة ويتم الاتصال بين الكابلات المسلحة والسلوك الهوائية فى أكشاك صغيرة يخرج منها عدة سلوك هوائية تعطى

التيار الكهربائي لخط الترولى الذى يغذى القاطرات وتركب على نفس الأعمدة الحاملة لذلك الخط ويلاحظ أن خط الترولى هذا يتم إيصال التيار اليه فى عدة نقاط تخفيفاً لمبوط الضغط الكهربائي فيه وبذلك يكون الضغط الكهربائي الواصل للقاطرات نفسها قريباً على قدر الامكان من ٥٥٠ فولت .

والمرحلة الثانية تنحصر فى توصيل التيار من خط الترولى إلى المحركات التى تسيّر القاطرات ويتم ذلك بواسطة الترولى (الاستنجة) واليد الحاكمة لتسيير القاطرة وهى اليد التى يديرها السائق وكل موضع لتلك اليد يسمح بنظام معين لتغذية محركات القاطرة التى يبلغ عددها اثنان فى القاطرات العادية وأربعة فى القاطرات ذات البوجى والمحركات من النوع الملفوف بالتوالى وقوة كل محرك على اعتباره إدارته لمدة ساعة فقط هى حوالى ٣٤ حصاناً وأما على اعتباره إدارته باستمرار فتصل قوته إلى حوالى ٢٢ حصاناً وبعد أن يدير التيار الكهربائي المحركات يعود بواسطة قضبان الترام إلى القطب السالب لمحطة توليد الكهرباء وهذه هى المرحلة الأخيرة والمهمة وسنستعرض قبل الكلام عنها بعض الصور الفوتوغرافية :
فالصورة رقم ١ تبين خطوط شبكة ترام القاهرة وتوضح أن خطوط الترام الواقعة على الضفة اليمنى للنيل تقع فى نصف دائرة قطرها ١٤ كيلومتراً مركزها محطة التوليد وأما خط الهرم على الضفة اليسرى فتبعد نهايته عن محطة التوليد بقدر ١٣ كيلومتراً ويبلغ الطول الكلى للخطوط ١٥٠ كيلومتراً والصورة رقم ٢ تبين خط ترام شبرا وكيفية تغذيته بالكابلات المسلحة

والساوك الهوائية ويلاحظ أن هناك عند كشك باب الحديد كابل • سلاح
للمعاونة على إعادة التيار من الكشك إلى محطة التوليد
والصورة رقم ٣ تبين القاطرة ذات البوجى والأربع محركات وكيفية
تغذيتها من خط الترولى وعودة التيار بواسطة عجلها الى القضبان
والصورة رقم ٤ تبين القاطرة ذات المحركين
والصورة رقم ٥ تبين أدوار تسيير القاطرة وتجميع محركها
كهربائياً معاً

والصورة (١) رقم ٦ تبين الحمل على المحطة نفسها أثناء تسيير شبكة الترام
فى ساعات اليوم المختلفة ويلاحظ اختلاف الحمل كثيراً من لحظة لأخرى
بسبب اختلاف نظام تسيير كل قاطرة من القطارات السائرة على الخطوط
والوقت الذى تصل القوة فيه الى أقصاها يقع بين الساعة ٣٠ و ٦ صباحاً
و ٣٠ و ٩ مساءً أى لمدة ١٥ ساعة تقريباً

المرحلة الثالثة

يتم فى هذه المرحلة عودة التيار الى محطة توليد الكهرباء فلو أقصر
على وصل القطب السالب للمحطة بقضبان الترام فلا بد أن يكون المنسوب
الكهربائى (Potentiel électrique) لنقطة الاتصال هذه هو أقل ما يمكن
ويكون المنسوب الكهربائى للقضبان فى أى نقطة أخرى بعيدة عن
المحطة أكبر من ذلك بمقدار الفقد فى الضغط الكهربائى (chute de
tension) بين النقطتين ومقدار هذا الفقد يتوقف بطبيعة الحال على مقاومة

(١) حذفت هذه الصورة

القضبان الكهربائية وعلى مقدار التيار الذي يمر بها .
 فان كان طول القضبان كبيراً وقطاعها صغيراً والوصلات التي بين
 أقسام القضيب الواحد رديئة كانت بطبيعة الحال المقاومة الكهربائية
 للقضبان كبيرة جداً لدرجة أنه مع مرور تيار كهربائي صغير فيها يصل
 المنسوب الكهربائي للقضبان في نهاياتها البعيدة عن المحطة إلى درجة
 خطيرة تعدى المقادير المسموح بها عادة كما أنه لو كانت قطاعات القضبان
 أطوالها ووصلاتها كلها مناسبة وكانت حركة مرور القاطرات على خط
 الترام كبيرة جداً بحيث زاد مقدار التيار العائد زيادة كبيرة فقد يتعدى
 المنسوب الكهربائي للقضبان عند نهاياتها البعيدة عن المحطة الحدود
 المسموح بها عادة ولأعطاء فكرة عن هذه الحدود المسموح بها والتي
 تختلف من بلد لآخر - (وفي الواقع ليس لها قاعدة عامة متبعة في كل
 الممالك) أذكر أنه في فرنسا مثلاً أن متوسط الفقد في الضغط الكهربائي
 المسموح به عند قياسه ينبغي ألا يتعدى فلطا واحدا لكل كيلومتر من
 طول القضبان وذلك في المناطق داخل المدينة واثنين فلطا لكل كيلومتر
 في مناطق خارج المدينة على أن تراد هذه المقادير إلى الضعف في حالة
 وجود المواسير المعدنية تحت سطح الأرض على بعد لا يقل عن أربعة
 أمتار من القضبان وأن تكون المقاومة الكهربائية لتربة الأرض في تلك
 المنطقة كبيرة وفي ألمانيا يتبع عدم زيادة فرق الضغط الكهربائي المتوسط
 بين أي نقطتين ينتميان لشبكة خطوط ترام داخلية قطرها ٢ كيلومترا عن
 ٢٦ فلطا وفي الخطوط خارج هذه الشبكة يسمح بفرق ضغط متوسط

قدره فلفاء واحداً للكيلومتر الواحد ، فإذا نحن نظرنا لهذه القواعد وحاولنا تطبيقها على شبكة خطوط ترام القاهرة لوجدنا أنه لا يتسنى مطلقاً الاحتفاظ بها نظراً لامتداد شبكة الترام واتساع مدينة القاهرة وكثرة الحركة على خطوط الترام فيها وذلك على اعتبار وصل القضبان بالقطب السالب لمحطة توليد الكهرباء بدون اتخاذ أى احتياطات أخرى

وتلافياً لذلك اتبعت شركة الترام طريقة أجدت لدرجة كبيرة في أول الأمر فبدلاً من أن يعود التيار بأجمعه الى محطة التوليد عن طريق القضبان يعود بمضنه من طريقها والبعض الآخر عن طريق كابلات نحاسية إضافية معزولة موصولة من طرف بقضبان الترام في نقطة ملائمة ومن الطرف الآخر موصولة داخل محطة توليد الكهرباء بدينامو موازن للضغط عمله كعمل المضخة أذ هو يرفع التيار الكهربائي المائد في الكابل من منسوبه المنخفض إلى منسوب القطب السالب للمحطة .

وقد وصّعت شركة الترام أربعاً من تلك الديناموات الموازنة للضغط أو المضخات الكهربائية أحدها موصول بقضبان الترام عند باب الحديد والثاني موصول عند باب الخلق والثالث موصول عند القصر العيني والرابع عند أبي السلا .

والمثل الآتي يوضح فعل هذه المضخات الكهربائية فلو فرضنا أن هناك خطاً مزدوجاً من خطوط الترام (كنخط شبرا مثلاً) طوله حوالي ٧ كيلومترات ووزن كل قضيب من قضبانها هو ٦٠٠ ر ٥٢ كيلو جراماً للمتر الطولى فأن مقاومة هذا الخط المكون من أربع قضبان تبلغ ٠٠٦٤٧ ر -

أولاً للكيلومتر الواحد أن كانت لحامات قضبانه جيدة فلو فرضنا أن انتياد الكلى الذى يمر فى القضبان قدره ١٢٠٠ أمبيراً موزعاً توزيعاً منتظماً على الطول بأكمله أى أن التيار لكل كيلومتر يبلغ حوالى ١٧٠ أمبيراً (انظر شكل ٧) فالفرق فى الضغط الكهربائى بين أول خط الترام وآخره يبلغ ٢٩٤ فلطا ويكون المنسوب الكهربائى لنهاية الخط البعيدة عن محطة توليد الكهرباء هو + ٩٨ فلطا بنسبة منسوب الأرض المتخذ صفراً والمنسوب الكهربائى فى النهاية داخل المحطة هو - ١٩٦ فلطا تحت منسوب الأرض وإيجاد المنسوب الكهربائى بنسبة الأرض مفترض فيه أن التيار الكهربائى الهارب من القضبان فى المنطقة الموجبة الى الأرض يتناسب مع فرق الضغط الكهربائى بين القضبان والأرض وأن كل الكمية الهاربة من القضبان فى المنطقة الموجبة يعود اليها ثانية فى المنطقة السالبة بحيث يكون معدل دخول التيار الى القضبان مناسباً للفرق بين منسوبها الكهربائى والأرض وفى هذه الحالة يكون منسوب الأرض معين بالخط المستقيم الذى تكون مساحة المنطقة الموجبة فوقه مساوية لمساحة المنطقة السالبة تحته . ويختلف توزيع التيار والمنسوب الكهربائى للقضبان كما فى الحالة الثانية أن نحن وصلنا بالقضبان عند كيلو ١٠٠ رء مثلاً بعيداً عن محطة التوليد كابلًا كهربائياً معزولاً قطاعه النحاسى ٤٥٠ ملليمترًا مربعاً وصلنا نهايته الأخرى داخل المحطة بالمضخة الكهربائية التى قلنا عنها فهذا الكابل يسحب من القضبان عند نقطة اتصاله حوالى ٥٠٠ أمبيراً يوصلها الى المضخة الكهربائية وبذلك يتمدد الفقد فى الضغط على قضبان الترام كما فى الحالة

الثانية بحيث يصبح الفرق في الضغط الكهربائي بين أول خط الترام وآخره ١٥ر٥ فلفاً فقط أى نصف ما كان عليه في الحالة الأولى ويكون المنسوب الكهربائي للقضبان بنسبة منسوب الأرض المتخذ صفرًا هو + ٦ فلفاً عند النهاية البعيدة عن محطة التوليد و— ٩ر٥ — فلفاً عند محطة التوليد ولما كان المنسوب الكهربائي لنقطة اتصال الكابل هو + ١ فلفاً والفقء في الضغط الكهربائي الكابل عند حمّله ٥٠٠ أمبيراً هو ٨٠ فلفاً باعتبار مقاومته للكيلومتر الواحد من طوله ٠.٣٩ ر — أوم فيكون المنسوب الكهربائي لطرفه الآخر عند المحطة هو — ٧٩ر٥ فلفاً وعندئذ فينتج على المضخة الكهربية رفع مقدار ٥٠٠ أمبير من منسوب — ٧٩ر٥ — فلفاً الى منسوب — ٩ر٥٠ فلفاً ليصل التيار للقطب السالب للمحطة ويكون الرفع مقداره ٧٠ فلفاً .

والحالة التي أوردناها سابقاً ولو أنها مثل فردى إلا أن نتائجها من حيث الضغط الكهربائي للقضبان وفعل المضخات الكهربائية ليست بعيدة عن الحقيقة في شبكة الترام بالقاهرة معتبرة كوحدة واحدة إذ يحدث فعلاً فيها أن كلا من مضخاتها الكهربائية يرفع ٥٠٠ أمبيراً تقريباً لرفع يختلف بين ٦٠ و ٧٠ فلفاً كما أن الفقء الكهربائي الكلى وصل في بعض نقط من الشبكة مع النظام الذي نتكلم عنه أى قبل سنة ١٩٢٩ إلى ما لا يقل عن ١٠ فلفاً وهو مقدار كبير على كل حال إذ على اعتبار أننا داخل مدينة ينبغى تطبيقاً للقواعد الفرنسية ألا يزيد هبوط الضغط عن ٧ فلفاً على الأكثر على اعتبار أن معمل التوليد في المدينة وأن معظم خطوط الترام

تقع في نصف دائرة مركزها معمل التوليد وقطرها ١٤ كيلومترا .

إدخال حساب التيارات الشاردة

ويجدر أن نلاحظ أننا لم ندخل في الحساب السابق للفقد في الضغط الكهربائي أى اعتبار لمقدار التيارات الشاردة المتسربة من القضبان وذلك على اعتبار أن مقدارها من الصغر بدرجة أنه لا يؤثر على الحساب المتقدم ولذا يمكن إغفالها وهذا الافتراض صحيح إن كانت حالة خطوط الترام جيدة من حيث حسن عزلها عن الأرض وجودة لحامات قضبانها وإلا. لكن الحال يتغير بشكل محسوس إذا لم تتوفر هذه الشروط .

وقد توصل بعض مهندسى الـ American Bureau of Standards ومـ Messrs. Burton, Logan, Mc. Collum إلى وضع معادلات تحدد مقادير الفقد في الضغط الكهربائي ومقدار التيارات الكهربائية المتسربة من القضبان عند اعتبار الأحوال المختلفة لمقاومة القضبان الكهربائية ومقاومة اتصال القضبان بالأرض وقد أورد الأستاذ بودوسكى في تقريره المقدم للمؤتمر الدولى الثانى والعشرين للتراموايات والسكك الحديدية الكهربائية ذات الأهمية المحلية لسنة ١٩٣٠ خطوطا يانية مستنتجة من تلك المعادلات فى أحوال مختلفة لخط ترام مفرد طوله ٩٥ . ٦ كيلومترا يدخله التيار الكهربائى بمعدل ٨٢ أمييرا للكيلومتر أو ما يقرب من المثل الذى ضربناه لخط ترام القاهرة (انظر ش ٨) واعتبر فيه التيار المنسوب من القضبان فى الأحوال الآتية : —

(١) مقاومة قضبان الخط المفرد كبيرة وتبلغ ٠.٦٦ أوم للسكيلومتر ومقاومة الاتصال بين القضبان والأرض ضعيفة وتبلغ ٠.١٢١ أوم للسكيلومتر من طول القضبان وهذه حالة ملائمة لتسرب التيار من القضبان وقد بلغ فيها أقصى تسرب من القضبان ٢٢٤ أمبيراً من التيار الكلى البالغ ٥٦٥ أمبيراً أى أن أكبر كمية من التيار الهارب تبلغ ٤٠٪ من التيار الكلى .

(٢) وفي الحالة الثانية كانت مقاومة القضبان متوسطة وتبلغ ٠.١٥٢ أوم للسكيلومتر ومقاومة الاتصال بينها وبين الأرض كالحالة السابقة أى ٠.١٢١ أوم للسكيلومتر فبلغ أقصى تسرب من القضبان ١١٠ أمبيراً أى بمعدل ١٨٪ من التيار الكلى .

(٣) وفي الحالة الثالثة وهى حالة الخط الجيد كانت مقاومة القضبان هى ٠.١٥٢ أوم للسكيلومتر ومقاومة الأرض جيدة وتبلغ ٠.٤٥ أوم للسكيلومتر فبلغ أقصى تسرب من القضبان حوالى ٧٪ فقط من التيار الكلى .

وشكل نمرة ٨ يبين أيضاً الفقد فى الضغط والمنسوب الكهربائى للقضبان والأرض فى أحوال مختلفة لمقاومة القضبان الكهربائية على اعتبار مقاومة اتصالها بالأرض ثابتة وقدرها ٠.١٣٢ أوم للسكيلومتر .

ويتبين من هذه الخطوط البيانية أن زيادة مقاومة القضبان له أثر كبير فى زيادة الفقد فى الضغط الكهربائى فيها وبالتالى فى زيادة مقدار التيار المنسرب منها كما أنها تبين أن النقطة القريبة من معمل التوليد هى التى يكون منسوب القضبان الكهربائى فيها أقل ما يمكن عن منسوب الأرض

المعتبر صفرًا وأن هذه هي المنطقة التي تعزل كمصرف لتلقى التيارات الشاردة عند عودتها للمحطة سواء من الأرض أو من المواسير المعدنية المدفونة فيها .

ومن غير الميسور معرفة توزيع التيارات الشاردة في الأرض وفي المواسير المعدنية المدفونة فيها لأن هذا التوزيع يتوقف على عوامل كثيرة لا يمكن حصرها عملياً وإنما من الوجهة العامة يمكن القول أن تلك التيارات تتبع في سيرها أقل الطرق مقاومة لها . فلو نحّسنا أتبعنا مسارات التيار المحتملة لوجدناها تخرج من القضبان إلى الأساس الذي يحملها وقد يكون هذا مصنوعاً من الدقشوم أو من الخرسانة مثلاً أو من فلنكات مصنوعة من الخشب ولكل من هذه الأنواع مقاومته التي تدخل في تحديد التيارات الشاردة . يأتي بعد ذلك التربة التي تحمل الأساس وفيها تنتشر التيارات الشاردة في كل اتجاه فهذه التربة لها مقاومة تختلف باختلاف التربة إن كانت طينية مثلاً فقوامتها أقل من التربة الرملية وعلى مقدار ما تحتويه من الأملاح وعلى درجة الحرارة ومقدار الرطوبة والضغط فكما زادت هذه العوامل قلت مقاومة التربة ولذلك كانت مقاومة تربة معينة تختلف باختلاف فصول السنة كما تختلف باختلاف موقعها في المدينة وباختلاف حركة المرور على قضبان الترام فيها . إننا نظراً لكبر قطاع الأرض فإن مقاومتها على العموم لا تعد كبيرة حتى بالنسبة للمواسير المعدنية المدفونة فيها وقد يخرج جزء من التيار الكهربائي من الأرض ليدخل المواسير المعدنية إن كانت مقاومة الاتصال السطحي بينهما

صغيرة وعندئذ يسير التيار في المواسير إلى أن يجد منها مخرجاً مناسباً إلى نقطة يكون منسوبها الكهربي أقل من المنسوب الكهربي للماسورة عندها وتلك النقطة إما أن تكون هي قضبان الترام أو الأرض نفسها (إن كانت مقاومة الاتصال ومقاومة الأرض في تلك النقطة ضعيفة لسبب ما) أو إلى ماسورة أخرى قريب وضعها في تلك المنطقة من الماسورة التي يسير فيها التيار أو إلى الغلاف المعدني لكابل مسلح الخ . . ويلاحظ كما سبق القول أن نقطة خروج التيار من الماسورة هي التي يحدث فيها التآكل الكهربي في الماسورة مادامت شدة التيار الخارج مناسبة وقد حددت الاشتراطات الألمانية شدة التيار التي يخشى عندها من تآكل المواسير بقدر ٠.٧٥ ملى أمبيراً لكل ديسيمتر مربع من سطح الماسورة على أنه يلاحظ أن وضع المواسير بعيدة عن قضبان الترام يقلل التيارات التي تصل إلى المواسير ولو أنه لا يقلل مقدار التيارات الشاردة من القضبان .

ينبغي مما تقدم أنه من العسير تحديد توزيع التيارات الشاردة في الأرض والمواسير المدفونة بها وكان الاعتقاد بأن كل أو معظم التيارات الشاردة من القضبان تمر في المواسير المدفونة بالأرض ولا تتركها إلا للعودة ثانية للقضبان لا يمثل الحقيقة دائماً .

وتطبيقاً لما تقدم على شبكة شركة الترام بالقاهرة إلى عام ١٩٢٩ يتضح أنه كان هناك فقد كبير في الضغط الكهربي رغم استعمال المضخات الكهربية في تخفيف أثره وكان من جرائه تسرب التيارات الكهربية

إلى المواسير المعدنية المختلفة في شوارع القاهرة ليعود منها ثانية إلى القطب السالب لمحطة توليد الكهرباء بساحل الغلال ولذا كانت هذه المنطقة القريبة من المحطة هي التي يصفى التيار من المواسير التي بها إلى أكبر حد مما يدعو إلى سرعة اتلافها

وفي الواقع كانت المواسير المعدنية لشركة الغاز ولمصلحة المجارى الموضوعة في هذه المنطقة عرضة للتآكل السريع وكان تغييرها في فترات متقاربة أمراً لا مناص منه ولا يمكن أن يعزى ذلك التآكل إلى الأسباب الأخرى العادية كالصدأ وفعل الأملاح الموجودة عادة في الأرض على أن الذى تحمل أكبر نصيب من التلف في هذه المنطقة كانت شبكة مواسير شركة المياه حيث كانت عرضة لتآكل مستمر لم تسجله الشركة إلا من عام ١٩٢٢ وقد استفحل أمره بعد ذلك بشكل يلفت النظر خصوصاً في مواسير كبيرة القطر تلفت بعد حوالى ستة سنوات كما أن هناك مواسير سادت حالتها جداً بعد وضعها بثلاث سنوات في تلك المنطقة رغم حمايتها بطبقة من يياض القطران العازل للكهرباء وفي اعتقادنا أن وجود هذه الطبقة يدعو إلى زيادة التآكل لا إلى تقليله فأن مجرد حدوث تلف موضعى بسيط في أى نقطة من هذه الطبقة يترتب عليه تصفية التيارات الكهربائية الموجودة في خط المواسير من تلك النقطة فيتركز فيها فعل التحلل الكهربائى وسرمان ماتلف وشكل (٩) يبين أجزاء من خطوط المواسير الآتية الذكر بعد أن تلفت .

وبما يذكر بهذه المناسبة أنه حدث عند الكشف على مواسير

شركة المياه بساحل الغلال أن أمكن للتيار الكهربائي الخارج منها أن يدير محركاً كهربائياً صغيراً. كما حدثت ظاهرة أخرى للتآكل في مواسير الشركة بشارع الأتكنخانة لم يكن المنسبب فيها قضبان الترام بل الغلافات المعدنية للكابلات المسلحة الناقلة لتيار شركة الترام فقد صادف أن كان هناك خط مواسير يقع في طريقه ويمر تحت عدة كابلات مسلحة وكانت المسافة الرأسية بين الكابلات والسطح الأعلى للمواسير بسيطة تبلغ حوالى ٢٠ سنتيمتر ف لوحظ أن التآكل حدث في الماسورة الواقعة تحت الكابلات وامتد فعله إلى حوالى ثلاثة أمتار من طولها وكان ذلك ناشئاً بطبيعة الحال من خروج التيارات الشاردة من المواسير ودخولها في الغلافات المعدنية للكابلات لتصل من هذا الطريق إلى المحطة وقد استدعى ذلك اتخاذ احتياطات خاصة في تلك النقطة لعزل المواسير من الكابلات بواسطة الكاوتشوك والقطران لإعاقه خروج التيار إلى الكابلات

وقد كان فرط تآكل مواسير شركة المياه مدعاة لرفع قضية منها في أوائل عام ١٩٣١ على شركة ترام القاهرة تحملها مسئولية الأضرار التي لحقت بمواسير المياه وقد أدخلت شركة الترام بدورها وزارة الأشغال في الدعوى مقررّة بعدم مسئوليتها ومحملة الحكومة على وجه الاحتياط المسئولية عن ذلك وقد عينت المحكمة أحد الخبراء الكهربائيين الأجانب في أبريل سنة ١٩٣١ لبحث الأمر غير أنه وجد أن الاستمرار في الدعوى ليس في مصلحة أحد من الأطراف الثلاثة وم الحكومة وشركة المياه وشركة الترام وزارت وزارة الأشغال أن حل النزاع بالطرق الودية أجدى للجميع

فوضعت في شهر يونيو سنة ١٩٣١ حلا قبله الأطراف الثلاثة ويتلخص في أن يتحمل كل منهم ثلث الأضرار التي لحقت شركة المياه بسبب تأكل مواسيرها التي رفعت بمقتضاها الدعوى وذلك مع احتفاظ كل من أطراف النزاع بوجهة نظره من حيث المسؤولية وأنه ليس للحكومة شأن بعد ذلك فيما يختص بالمواسير الموجودة أو التي ستوضع وما يلحقها من الضرر فيما بعد وكان نصيب كل طرف في تمويل الأضرار السالفة الذكر ثمانية جنيه .

وعقب هذا الاتفاق اخذت كل من شركتي المياه والترام في اتباع وسائل جديدة لتخفيف فعل الالكتروليز فقامت شركة المياه بوضع وصلات في مواسيرها تزيد في المقاومة الكهربائية لسيارتيارها وهذا بطبيعة الحال يقلل مقدار التيار الذي يدخلها والذي يخرج منها الى قضبان الترام واتباع وضع هذه وصلات على ابعاد كبيرة في المناطق البعيدة عن محطة ساحل الفلال مع تقريب وصلات من بعضها بجوار تلك المحطة وشكل ١٠ يبين وصلة من التي اتبع عملها في مواسير شركة مياه القاهرة حيث يلاحظ تغيير المواسير عندها من الطرز ذي الرأس والذيل spigot & socket الى الطرز ذي الشفة القائمة . كما أن الشكل يحوى وصلة أخرى يمكن استعمالها في المواسير ذات الرأس والذيل مباشرة على أن تم الوصلة في هذه الحالة بالاسمنت والخيش والكاوتشوك . وليس من الميسر وضع قاعدة للمسافات بين كل وصلة وأخرى فالمعدة في ذلك على التجارب اذا ابعاد هذه وصلات عن بعضها كثيرا قد يؤدي الى خروج التيار من خط المواسير قبل إحدى

الوصلات الى الأرض فيحدث التأكل في المواسير عند تلك النقطة أن وصل مقدار التيار الى الحد المناسب ونفس هذه الظاهرة قد تحدث أيضاً اذا كانت مقاومة الوصلة كبيرة جداً لدرجة أنه يكون الأسهل للتيار الكهر بائى أن يخرج من المواسير قبل الوصلة الى الأرض ثم يعود للمواسير ثانية بمد الوصلة متفاديا المرور فيها وطريقة وضع الوصلات المازلة طريقة ناجعة على العموم ولعلها توصل إلى تقليل الفعل الضار للتيارات الشاردة في مواسير شركة المياه

شركة الترام وتطور شبكتها

وأما شركة ترام القاهرة فقد رأت وجوب معالجة الحال على وجه يكفل من جهة تخفيف فعل التيارات الشاردة في تآكل المواسير إلى أقل درجة ممكنة حالا واستقبالا ومن جهة أخرى يكفل تجهيز شبكة الترام بالمعدات التي تسمح لها بالامتداد والاتساع تمشياً مع كبر نطاق مدينة القاهرة حتى تكون الشبكة وافية في كل الحالات بحاجة المدينة مع مراعاة جانب الاقتصاد الى أقصى حد ممكن

فمن جهة تقليل التيارات الشاردة اتبعت الشركة كما قدمنا وضع المضخات الكهربائية ورأينا فيما سبق عدم وفائها بالحاجة وزادت عليها العناية بشأن قضبان الترام ووصلاتها فغيرت القضبان الصغيرة القطاع بأخرى كبيرة القطاع وزن حوالى ٥٢ كيلو جراما للتر الطولى كما أنها اتبعت في الايصال الكهربائى لقطع القضبان ببعضها طريقة اللحام الألومينو ترميكي واتخذت معدن القضبان من الصلب المحتوى على الكروم

والنيكل الممكن لحامه بدلا من اتخاذ من الصلب غير القابل للحام وقد أدخل استعمال هذه الطريقة للحام من سنة ١٩٢٣ وتخلص في جميع طرفي القضيبين المطلوب لحامهما في قالب بعد تنظيفهما جيدا ثم يستخن مسحوق يحوى أكسيد الحديد والالومنيوم لدرجة يحدث معهما تفاعلا كيمياويا عند إضافة بودرة الاشتعال اليه وعند صبه في القالب تزيد درجة الحرارة لدرجة أن يتم معا اللحام بواسطة الحديد الذى يذهب عنه أو كسيجينه وقد أغنت هذه الطريقة عن توصيلات النحاس التى كانت مستعملة قبلا لتوصل الكهر بأى جزئى القضيب وقد لحم بهذه الطريقة حوالى ٩٠ كيلومترا من شبكة الترام ولم يبق إلا ٦٠ كيلومترا منها وبواسطة هذه الطريقة تقل مقاومة نقط اللحام الى درجة كبيرة بحيث يصبح خط الترام من الوجهة الكهربية كموصل مستمر متجانس ولأيضاح أهمية ذلك نقول أن الأنظمة المتبعة فى المانيا تقضى بالآ تزيد مقاومة كل وصلة بين جزء قضيب وآخر عن مقاومة قضيب طوله عشرة أمتار على ألا يزيد مجموع مقاومة الوصلات فى خط ترام ما عن ٢٠٪ من طول خط الترام بأجمعه وتقضى الانظمة الفرنسية بوجود العناية بالوصلات بين أجزاء قضبان الترام وينبى ألا يزيد فقد الضغط المتوسط فى أى وصلة عن خمسة مليفولط فى المناطق داخل المدينة ولما كان عدد الوصلات فى الكيلومتر هو حوالى ٥٠ وهبوط الضغط المسموح به فى الكيلومتر هو ١ فولط فكان مقاومة اللحامات تصل الى ربع المقاومة الكلية للخط فنرى فى الحالتين أن شركة ترام القاهرة بالطريقة التى تنبها بلحام أجزاء القضبان بطريقة الالومنيوترى قد عملت على إجراء

تخفيض مهم في فقد الضغط الكهربائي في قضبانها يعادل ال ٢٥ ٪.
تقريباً من فقد الكلي المسموح به في المالك الأخرى وزادت الشركة على ذلك أن اتبعت ايصال القضبان ببعضها كهربائياً في نقط تقاطع عدة خطوط ترام مستعملة في ذلك كابلات نحاسية كبيرة القطاع حتى يمكن القول أن كل قضبان شبكة الترام هي بمثابة موصل واحد مقاومته هي مقاومة المدن المصنوع منه فقط

ومع ما لهذه الاحتياطات من الأهمية فإن استمرار تأكل المواسير المعدنية الموضوعة في باطن الأرض دعت الشركة الى التفكير في حل آخر أوسع مدى وأبعد أثراً من الحلول الموضعية السابقة ويترتب عليه تغيير جوهرى في نظام تغذية أسلاك التروالى للقاطرات وفي مسار التيار العائد في القضبان وقد بدأ التفكير في هذا الحل من سنة ١٩٢٦ وبدى في وضع مشروعه موضع التنفيذ من سنة ١٩٢٩ والعمل مستمر فيه للآن

وفي هذا المشروع تنقسم شبكة الترام الى عدة مناطق هي (خمسة)
تغذى كل منطقة محطة فرعية قوتها تناسب القوة المطلوبة للمنطقة فيخرج التيار من تلك المحطة الفرعية ويعود ثانية اليها عن طريق القضبان وكابلات العودة وبذلك يقل طول مسار التيار في الذهاب والعودة الى درجة كبيرة جداً كما يقل معها مقدار التيار العائد في القضبان الى الحد الذى يناسب قوة المحطة الفرعية بصرف النظر عن القوة الكلية لشبكة الترام وبدورها تغذى تلك المحطات الفرعية بتيار متغير ذى ضغط عال يتولد في محطة توليد خاصة ويتم في المحطات الفرعية تحويل ذلك التيار الى تيار مستمر على ضغط

قدره ٦٠٠ فلطا يغذى أسلاك التروالى لشبكة الترام
وقد بُدِءَ فى تطبيق هذا المشروع من سنة ١٩٢٩ بإنشاء محطة فرعية
عند باب الحسينية كانت تأخذ التيار المتغير من شركة ليون على ضغط
قدره ١٠٠٠٠ فلطا وظلت على هذا الحال الى يونيه سنة ١٩٣٣ حين قطع
عنها التيار من شركة ليون وأصبحت تغذيتها تتم بواسطة معمل توليد
الكهرباء الذى أنشأته الشركة المصرية للكهرباء بشبرا وعند أتمام إنشاء
المحطات الفرعية كلها وتشغيلها يمكن الاستغناء بالكلية عن معمل توليد
الكهرباء الحالى بمنطقة ساحل الغلال والذى يولد التيار المستمر

وتتكون كل محطة من المحطات الفرعية لتحويل التيار من متغير الى
مستمر من مجموعة أو أكثر تشتمل كل منها على محول ومقوم زيتى للتيار
فالمحول يوصل الى لفاته الأولية التيار المتغير على ضغط قدره ١٠٠٠٠ فلطا
فيخفض الضغط الى مايزيد بقليل عن الضغط الكهربائى المستمر المطلوب
لتغذية خطوط الترام أى حوالى ٦٠٠ فلطا وذلك فى لفاته الثانوية التى توصل
نهايتها بمقوم التيار الزئبقى

واما المقوم الزئبقى فعمله أن يبدل التيار المتغير الذى يصل اليه الى تيار
مستمر لتغذية خطوط الترام ولا يخفى أن هناك آلات مختلفة تستطيع القيام
بنفس هذه الوظيفة لكن المقوم الزئبقى للتيار هو أفضلها فى حالة شبكة
ترام القاهرة وفى الأحوال المماثلة فى الجر الكهربائى عمومًا فى المناطق
المنبسطة القليلة الانحدار بخلافه المناطق الجبلية ونظرا لأن المقومات
الزئبقية لم يكن ميسوراً إنشاء وحدات كبيرة القوة منها إلا بعد سنة ١٩٢٤

فقط حيث بدأ التطور في إنشائها واستمر الى الآن فقد كان ذلك مدعاة لعدم انتشار استعمالها في أول الأمر أو الاحتياط باستعمال الوحدات القليلة القوة لنجاح تجربتها وكان مظهر ذلك اكتفاء شركة ترام القاهرة في مشروع تحويل نظام شبكتها الذي درسته في سنتي ١٩٢٦ - ١٩٢٧ أن اقترحت وضع محطات فرعية عددها ثمان بها مجموعات صغيرة القوة وأنشأت فعلاً محطة باب الحسينية سنة ١٩٢٩ على ذلك النمط حيث تبلغ قوة كل مقوم بها حوالي ٦٠٠ كيلواط إلا أن المشروع الحالي الجاري تنفيذه اتبع فيه وضع وحدات من قوة ١٢٠٠ كيلواط مما دعا إلى تقليل عدد المحطات الفرعية إلى خمس بدلاً من ثمان وهو مما يترتب عليه وفر محسوس في التكاليف وفي نفقات تشغيل المحطات .

وتتكون مقومات التيار الزئبقية من وعاء كبير الحجم مقفل بأحكام مجهر بطلمبات لاحداث فراغ فيه يقرب من الفراغ المطلق ويصل إلى ٠.٠٠١ من المليمتر زئبق وفي أسفل هذا الوعاء قطب مكون من الزئبق وفي أعلاه أقطاب متعددة توصل بالمحول الذي يوصل التيار المتغير بوساطة قطب كهربائي مساعد يحدث قوساً كهربائياً بينه وبين الزئبق تتكون بقعة مضيئة على سطح الزئبق تكون هي مصدر خروج الإلكترونات أو شحنات الكهربية السالبة بكثرة متجهة إلى الأقطاب العليا فنشتمل أقواس كهربائية بين القطب الزئبقي وبين الأقطاب الأساسية الأخرى ويمر التيار الكهربائي في هذه الأقواس ما دام المنسوب الكهربائي للأقطاب الأساسية أعلا من المنسوب الكهربائي للقطب الزئبقي حتى تنجذب إليهم

الشحنات السالبة السابقة الذكر وإذا انعكس الوضع بأن كان المنسوب الكهربائي للزئبق هو الأعلى فإن التيار الكهربائي لا يمر لأن الشحنات الكهربائية السالبة تنطرد عن الأقطاب العليا بدلا من أن تنجذب إليها وعلى ذلك فعند تغذية الأقطاب العليا بالتيار المتغير الذى تكون نصف ذبذبه موجبة والنصف سالبة فإن التيار يمر فيها إلى القطب الزئبقى فى نصف الذبذبة الموجبة ويمتنع مروره فى نصف الذبذبة السالبة وبذلك يتم تقويم التيار الخارج من القطب الزئبقى فيصبح كله تياراً مستمراً ينقل لتغذية قاطرات الترام (أنظر شكل ١١)

وأوجه أفضلية المقوم الزئبقى السابق وصفه على الآلات الأخرى المقومة للتيار المتغير هي : —

أولاً — لا يحتوى المقوم على أجزاء رئيسية متحركة فوضعه حتى فى المناطق الأهلة بالسكان لا يزعجهم علاوة على توفيره فى الصيانة والتزيت الخ . . مما تستلزمه الآلات الدائرة .

ثانياً — يصمد بسهولة لقوات كهربائية تزيد كثيراً عن حملة الكامل من غير أن يعتريه أى تلف فبعض الوحدات الموردة لشركة الترام مثلاً يمكنها أن تصمد لحمل يزيد بقدر ٦٠ ٪ عن حملها الكامل مدة نصف ساعة دون أن يلحقها أى ضرر كما أنها تستطيع أيضاً احتمال تيار اللفة القصيرة وهذه الظروف لا تتوفر فى الآلات الدائرة التى قد يصيبها التلف فوراً من جراء ذلك .

ثالثاً — جودة المقوم الزئبقى كبيرة جداً وتزداد كلما ازداد ضغط التشغيل الكهربائى وهذه الجودة ثابتة تقريباً مهما اختلف الحمل عليه

وتبلغ حوالى ٩٧ ٪. وثبات الجودة مع اختلاف الحمل مزية كبيرة فى حالة الجـر الكهربائى نظراً لاختلاف الحمل على الشبكة فى كل لحظة.

رابعاً - لا يستلزم المقوم وضع أساسات خاصة كما أن الحيز الذى يشغله المقوم محدود جداً بنسبة القوة التى تخرج منه مما يترتب عليه وفر محسوس فى المباني .

ويبان المحطات الفرعية الخمس فى مشروع شركة ترام القاهرة الجارى تنفيذه الآن من حيث القوة والمنطقة التى تحكمها من خطوط الترام والتيار العائد لكل محطة هو كالاتى :-

اسم المحطة الفرعية	الجهة التى تغذى منها بالتيار الكهربائى فى الوقت الحاضر	تاريخ تشغيل المحطة بالتيار التفرير	قوة المحطة الكلية كيلوات	عدد مجموعات تحويل التيار عدد X كيلوات	مقدار التيار العائد لها أمبيراً
باب الحسينية	إلى يونيو سنة ٩٣٣ من ليون وبعد ذلك من شبرا	سنة ١٩٢٩	١٨٠٠	٦٠٠ X ٣	١٨٢٠
ماسبيرو	معمل توليد الكهر بام الحالى عند ساحل الغلال	سيتم فى ٩٣٤	٢٤٠٠	١٢٠٠ X ٢	٢١٨٠
شبرا	معمل التوليد بشبرا	سنة ١٩٣٣	١٢٠٠	١٢٠٠ X ١	١٣٧٠
المبتديان	معمل التوليد بشبرا	سنة ١٩٣٣	١٢٠٠	١٢٠٠ X ١	٢١٨٠
الجزيرة	معمل التوليد الحالى	سيتم فى ٩٣٤	٦٠٠	٦٠٠ X ١	٥٥٠
		المجموع	٧٢٠٠		٨٠٠٠

ولو فرض أن زاد الحمل كثيراً على المحطات السابقة ففى الامكان وضع محطة أخرى إضافية لما وتهيأ فى العتبة الخضراء . وفيما يلى وضع هذه المحطات الفرعية ومعمل التوليد بشبرا (شكل ١٢) الذى يغذيها بالتيار المتغير ذى الضغط العالى وقدره ١٠٠٠٠ فاطا البالغ تردده ٥٠ ذبذبة فى الثانية وكذا الكابلات تحت الارضية وتحت النهر الناقلة لذلك التيار (شكل ١٢) أما (شكل ١٣) فيبين موضع كل محطة فرعية والمنطقة التى تحكمها من خطوط الترام

ومزايا النظام المذكور آنفا واضحة فتقصيره لمسار التيار الذاهب إلى قاطرات الترام بسبب سفر مساحة المنطقة التى تغذيها كل محطة فرعية يسمح بالاعتصاد فى قطاعات وأطوال الكابلات المسلحة التى تنقل التيار الى خطوط الترولى ويترتب على ذلك أيضاً صغرا الجهد المفقود فى تلك الكابلات وبالتالى الاعتصاد فى استهلاك القوة الكهربائية كما أن ذلك يسمح فى الوقت عينه بتوفير ضغط كهربائى على القاطرات لا يقل إلا يسير عن الضغط فى المحطة الفرعية وبذلك يستقيم حال تشغيل محركات القاطرات والأضائة الكهربائية فيها مما لم يكن ميسورا مع النظام القديم حيث كان ينحط الضغط قرب نهاية الخطوط البعيدة عن محطة التوليد إلى درجة غير مرغوب فيها

وهذه الملاحظات تنطبق أيضاً على التيار المائد الى المحطات الفرعية فإن تقصير مساره مع كبر قطاع القضبان وجودة وصلاتها يؤدى بطبيعة الحال إلى تقليل الضغط المفقود فيها وذلك من العوامل الأساسية لتقليل

ظاهرة التحلل الكهربي للمواسير المعدنية المدفونة في شوارع القاهرة قريبة من قضبان الترام كما قدمنا القول ويترتب أيضا على تقليل طول مسار العودة الاستغناء عن المضخات الكهربية السابقة استعمالها والتوفير في الكابلات المخصصة لعودة التيار الى المحطة وفي كل ذلك وفر إضافي لا في أمان المعدات فقط بل وفي الجهد الكهربي المفقود أيضا وفيما يلي بعض فوتوغرافيات عن إحدى المحطات الفرعية هي محطة شبرا : —

شكل ١٤ منظر عام للمحطة الفرعية ظاهر فيه أبواب حجر المحولات ذات الضغط العالي

شكل ١٥ أحد مقومات التيار قوة ١٢٠٠ كيلوات كامل بأجهزته.

شكل ١٦ صورة لوحة توزيع التيار للمحطة .

شكل ١٧ وهو خاص بكابلات التيار العائد إلى المحطة الفرعية ويلاحظ أنه إذا قصر طول إحدى كابلات التيار العائد توصل به مقاومة إضافية لتنظيم مقدار التيار العائد فيه

شكل ١٨ وهو خاص بالمحطة الفرعة الموجودة بشارع المبتديان وهي تبين نهاية كابلات التيار العائد للمحطة ويلاحظ أن توصيلاتها للقطب السالب للمحطة تتم بواسطة قطع نحاسية يمكن في أى وقت نزعها واستبدالها بنهايتي أمبير ومتر للتأكد من مقدار التيار العائد في كل كابل خاتمة : كان موضوع تغيير نظام تغذية شبكة ترام القاهرة تحت البحث في وزارة الأشغال من سنة ١٩٢٧ وأذكر أني قدمت عنه في

فبراير سنة ١٩٢٨ مذكورة عن مدى انتفاع شركة الترام من النظام الحديث الذى تقترحه والذى يختلف عن الجارى تنفيذه الان من حيث عدد المحطات الفرعية فقط التى طلبت الشركة فى ذلك الوقت جعلها ثمان بدلا من خمس كما تقدم القول وعلى سبيل إعطاء فكرة عامة عن مدى هذا الانتفاع أذكر من تلك المذكرة وهى تطابق حالة المرور على خطوط الترام والقوة المستهلكة فيها من نيف وست سنوات الفقرات الآتية :

نلاحظ أن المزايا الاقتصادية ومزايا الأمن ومنع تأكل المواشير المعدنية الخ . . التى تجنيها الشركة تزداد زيادة عظيمة كلما كبرت شبكتها الكهربائية وامتدت وكذا كلما زادت على خطوطها حركة المرور وهذا ما يمكن التنبؤ به من الان إذ أن مدينة القاهرة تمتد امتداداً كبيراً فى أحيائها المختلفة وهذا يدعو بطبيعة الحال وفى المستقبل القريب إلى مد خطوط ترام جديدة فى الأحياء الحديثة الانشاء ومحطة توليد الكهرباء الحالية والطريقة الحالية لن تكفياً لمقابلة الحالة المستقبلية ولكننا على كل حال سنقصر المقارنة باعتبار اتباع مشروع الشركة فى الوقت الحاضر وفى الظروف الحالية للحركة على خطوط الترام المختلفة وتنحصر المزايا الاقتصادية لذلك المشروع فيما يلى :

١ - يتوفر من القوة التى تفقد فى كابلات النظام الحالى حوالى

١٨ ٪ .

٢ - يستغنى عن المجموعات الأربع التى تنظم فرق تكهرب القضبان

٣ - يتوفر من وزن النحاس الذى يحويه كابلات التغذية والخطوط

الموائية الحالية ٧٢ ٪ .

٤ — ان الكابلات الحالية ذات ضغط ٥٥٠ فلتاً أصبحت قديمة العهد ويرجع تاريخ بعضها إلى سنة ١٨٩٤ وقد يضطر الأمر في الوقت الحاضر إلى تغيير أقسام كبيرة منها ولا شك أنها ستغير كلها في المستقبل ما دام أمام شركة الترام ٥٠ عاما أخرى على انتهاء امتيازها فن مصلحة الشركة والحالة هذه وهي ستغير الكابلات على كل حال أن تغيرها مع استعمال طريقة توزيع التيار بضغط عال على محطات فرعية .

ولكن يجب ألا ننسى أنه مقابل المزايا السالفة فستكلف الشركة نفقات لا يستهان بها في انشاء المحطات الفرعية وكابلات الضغط العالي .

هذا ما كتبته في سنة ١٩٢٨ وأستطيع الآن أن أدلى فيما يلي بالتكاليف التي تنكبدها فعلا شركة ترام القاهرة في تنفيذ مشروعها الجديد الذي يحوى خمس محطات فرعية ولا يدخل في هذه التكاليف نفقة إنشاء محطة توليد الكهرباء بشبرا التابعة للشركة المصرية للكهرباء وكلفة هذه المحطة بمفردها حوالى ٣٠٠.٠٠٠ ر. جنيه .

أولا — المحطات الفرعية .

تكاليف المباني والآلات ولا يدخل فيها ثمن أراضي المحطات

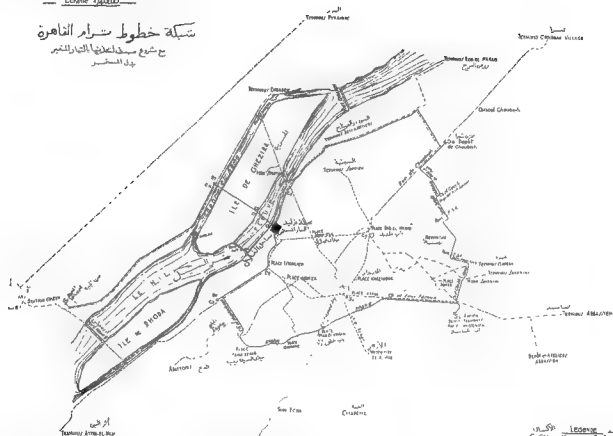
اسم المحطة الفرعية	المباني	الآلات	المجموع
باب الحسينية	٤٩١٥	٢٨٥٦٠	٣٣٤٧٥
شبرا	١٩٧٨	١٧١٥٩	١٩١٣٧
المتديان	٢١٧١	١٧٦٩٩	١٩٨٧٠
الجيزة	١٥٠٠	١٢٣٣٩	١٣٨٣٩
ماسيرو	٣٠٠٠	٢٠٠٠٠	٢٣٠٠٠
المجموع	١٣٥٦٤	٩٥٧٥٧	١٠٩٣٢١
ثانيا كابلات الضغط العالي ١٠٠٠٠ فلفط الموصلة من محطة التوليد بشبرا إلى المحطات الفرعية طول ١٠٠ كيلومتر			٦٠٠٠٠
ثالثا - محطات القطع والأكشاك لتلك الكابلات			٦٦٤٠
المجموع الكلى للمشروع			١٧٥٩٦١

وعينات كابلات الضغط المنخفض والضغط العالي التي ركبت موجودة أمام حضراتكم الان فن بين كابلات الضغط المنخفض ما هو مخصص لعبور النهر ومنها المعد لوضعه تحت الأرض والفرق بينهما هو أن المادة العازلة في الكابلات التهرية تصنع من السكاوتشوك كما أنها تسليح بأسلاك فولاذية تسير بطول الكابل وتحيط به ليكون للكابل المرونة الكافية في تركيبه بينما أن عزل الكابلات تحت الأرض يتم بواسطة الورق لرخصه كما يتبع في تسليحها لفها بشريط من الفولاذ

والآن أنتهز الفرصة لأقدم خالص الشكر لحضرة صاحب المعالي
رئيس الجمعية الذي كان له الفضل الأكبر في حسن استعداد شركة ترام
القاهرة لاسيما جناب باشمنهندس الشركة المسيو وييو في إمدادى بكل
ما طلبته من البيانات والصور وختاماً أشكر حضراتكم حسن استماعكم
لمحاضره .

Echelle 1/4000

شبكة خطوط ترام القاهرة
مع شروع سبيلها بالتار المنير
بذل المنير



PLAN NR 72 B

سکالہ

[illegible]

TRAMWAYS IN CAIDE

ALIMENTATION

ACTION DE CHOUBRANT

Echelle: 1/1000

Intelligence major 621

Amperage meter attached. 7200

استهلاك المشروبات السكرية
الإحصاء العام 2000

الإحصاء العام ١٩٥٠

Walter DE CHOMMAN

کلیئرٹ

[illegible]

—

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مستشار القاهرة
تقديم منطقة شبرا
مهاج ١٠٠٠

متناس ۱ : ۱۰۰۰

جامعة القاهرة

Terminar
Bolsa del Atlántico

شکل ۴

PLAN 1: 148

PLUVE

22-5886-100

15

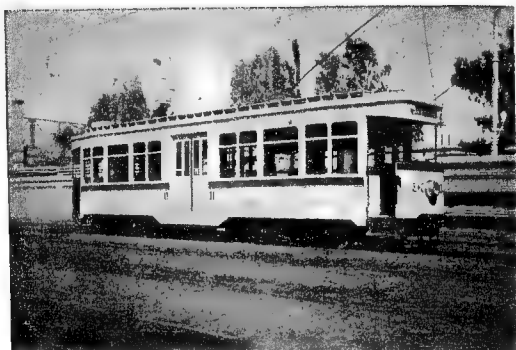
11

~~SECRET~~

大

www.elsevier.com/locate/jmb

Notes: $\chi^2 = 1.0$, $df = 1$, $p = .32$.

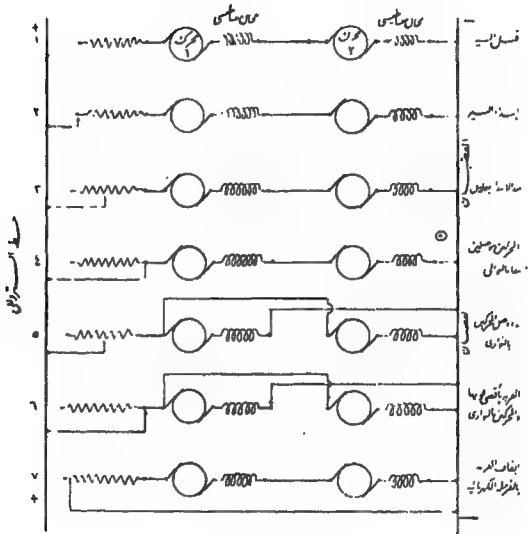


شکل ۳



شکل ۱۴

الآلة التي تبيِّن القاطرة وتجميع حركاتها بآليات



شكل ٥٥

التيار من القطبان الأرضيين

حسب ما كان قد تم تقديره من قبل كولام ولينجستان

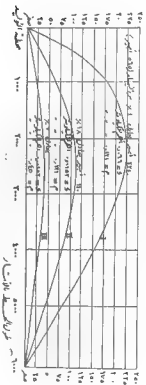
التيار من القطبان $I_p = 10^6$ أمبير

التيار من القطبان $I_p = 10^6$ أمبير

$I_p = 10^6$ أمبير

$I_p = 10^6$ أمبير

سحب التيار من القطبان الأرضيين



التيار من القطبان الأرضيين

سحب التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

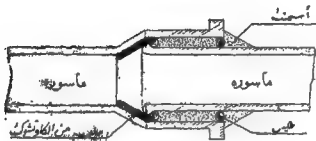
التيار من القطبان الأرضيين

التيار من القطبان الأرضيين

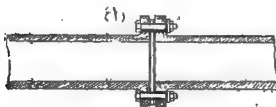


شکل ۹

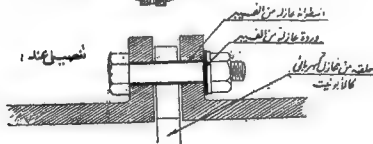
الوصلات العازلة بالمواسير المخدنية



١
وصلات عازلة لزيادة المقاومة للتيار الكهربائي
في مواسير ذات رأس أو ذنبين



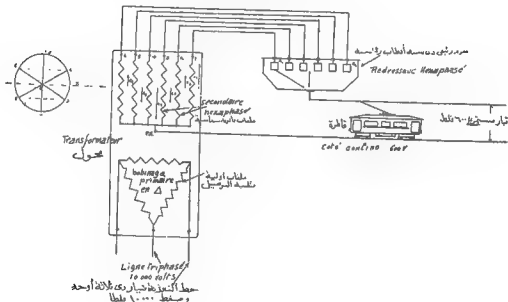
٢
وصلات عازلة في مواسير شركة مياه القاهرة
والمواسير عند الوصلة محفورة بشعاع في قاعدة



شكل ١٠

توصيلات داخل محطة فرعية
لجريدة محول ومقوم زئبق

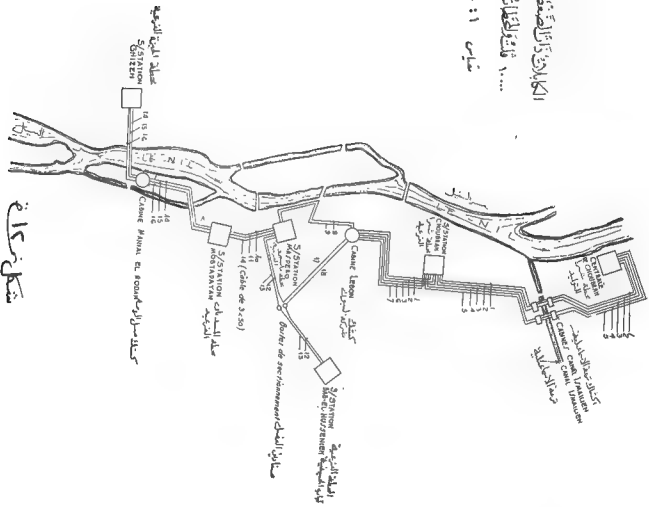
Système de Connexions
dans Sous Station
Groupe { Transformateur
Redresseur



الحبابة ذات الصلص

١٠٠٠
وَلِلْمَلَائِكَةِ الْإِبْرَاهِيمَ

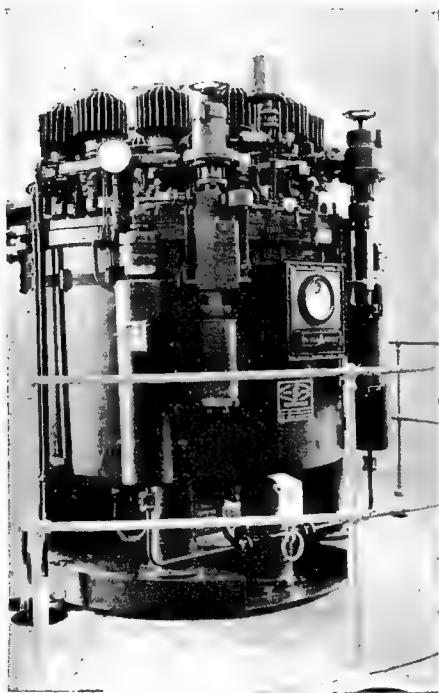
مجلسی
۵۰۰۰:۱



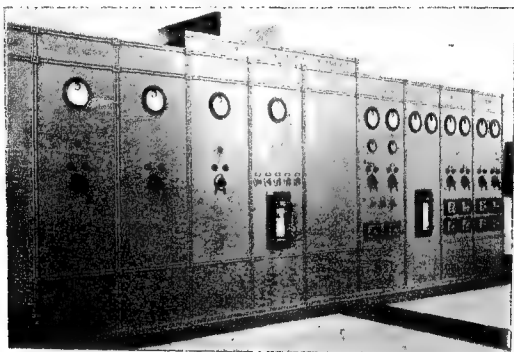
مجلس



شکل ۱۴



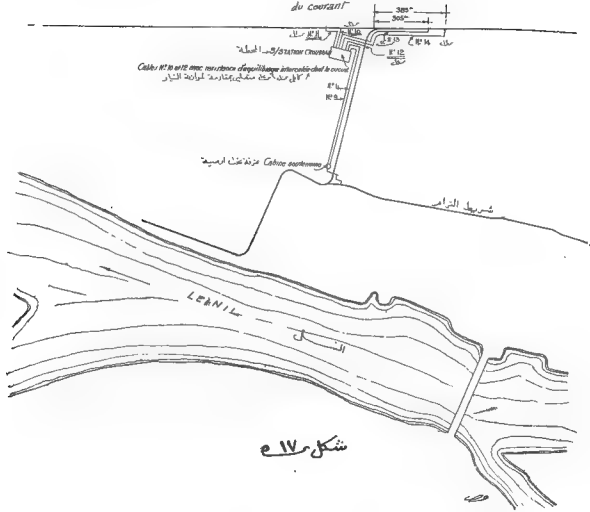
شکل ۱۵

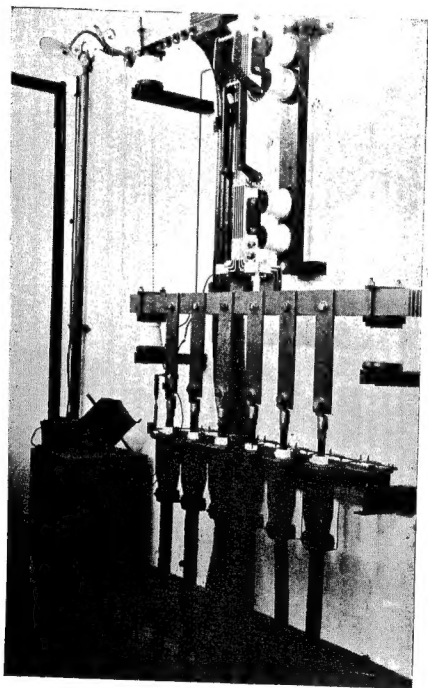


شکل ۱۶.

محطة شبرا الخيرية
محطات التيار العائد

S/Station Choubra
cables de retour
du courant





شکل ۱۸

